



תשובות לשאלות חזרה

מרצה - ניסים מור

חומר נפץ

חומרי נפץ מוגדרים כחומרים יחידים או תערובות חומרים, אשר לאחר **יזימה מתאימה** משנים את מצב הצבירה, עוברים תגובה **המתקדמת מעצמה**, תוך שחרור כמויות גדולות של חום וגזים בלחץ גבוהה. (תגובה זו מלווה באש ובהתהוות גלי הלם בסביבה המקיפה את חומר הנפץ)

חומרים הודפים מוגדרים כתערובות של חומרים, אשר הפעלה **מתאימה** מביאה אותם לתהליך **"בעירה"** מהירה, תוך יצירת כמויות גזים מרובות.

הבדלים בין בעירה לפיפון

ניפוף	בעירה
תהליך מהיר ביותר (מגיע למספר קילומטרים בשניה)	תהליך איטי יחסית (החל ממספר מלימטרים ועד מספר סנטימטרים לשנייה וזאת באור החופשי)
מהירות הניפוף אינה תלוייה בלחץ חיצוני.	מהירות הבעירה עולה עם הלחץ במידה ניכרת.
מהירות הניפוף היא תמיד על קולית	מהירות הבעירה גם בלחצים גבוהים היא תמיד תת-קולית (לכל חומר ישנה מהירות קול שונה)
הגזים הנוצרים על ידי הניפוף נעים באותו כיוון של גל הניפוף (הם 'רודפים' אחרי חזית הניפוף)	הגזים הנוצרים על ידי הבעירה נעים בכיוון הפוף לכיוון התקדמות הבעירה.
הגזים נמצאים תחת לחץ גבוה מאוד המגיע לעשרות ומאות אלפי אטמוספרות.	לחץ הגזים אינו עולה על הלחץ האטמוספרי כל עוד החומר הבוער אינו כלוא.

אפקטים הנוצרים בפיצוץ חומר נפץ

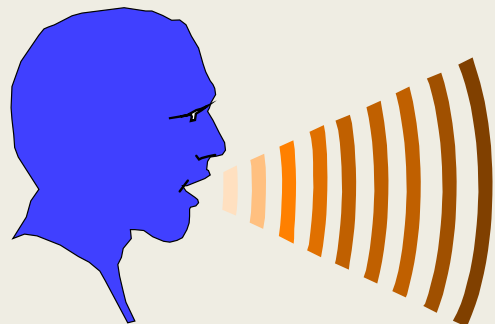
חומרי נפץ הן מערכות היוצרות בו זמנית **גל הלם וגל לחץ**.
גל ההלם בעל כח ריסוק רב ואילו גל הלחץ בעל יכולת להדוף גופים.

כאשר מפעילים חומר נפץ באויר החופשי, הזעזוע באטמוספירה
יתקדם לאט באופן יחסי, למרחק קצר יחסית וידעך במהירות.

הגזים הדחוסים והלוהטים המופיעים יחד עם גל ההלם מתפשטים
באטמוספירה ויוצרים בה גל של לחץ אויר גבוה שהולך ומתפשט
ממוקד הפיצוץ.

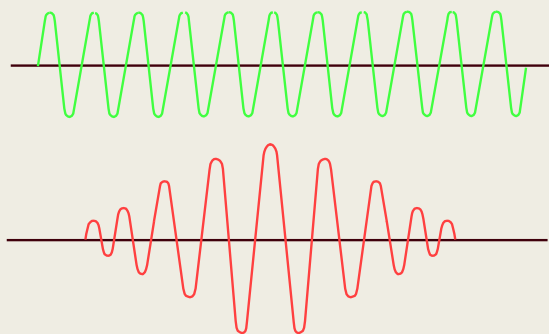
את הגל הזה מלווה מאוחר יותר גל יניקה שהוא גל של לחץ אויר
נמוך.

גל הלם



גל זעזוע המתקדם בחומר

ככל שהחומרים המרכיבים את סוג התווך צפופים יותר מהירות התקדמות הגל תהיה גדולה יותר.



אוויר - צפיפות 0.0012 גר/סמ"ק - מהירות הקול 300 מ/ש'

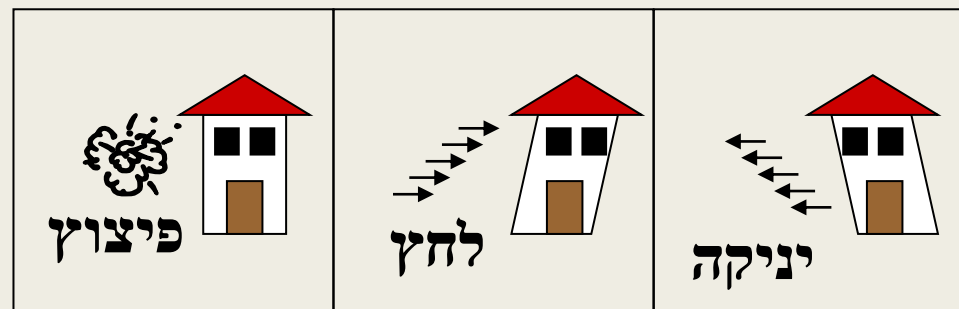
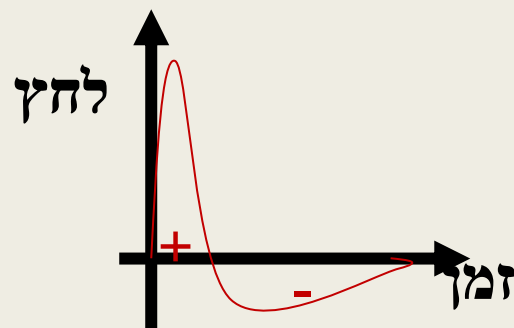
מים - צפיפות 1 גר/סמ"ק - מהירות הקול 1500 מ/ש'

פלדה - צפיפות 7.3 גר/סמ"ק - מהירות הקול 5000 מ/ש'

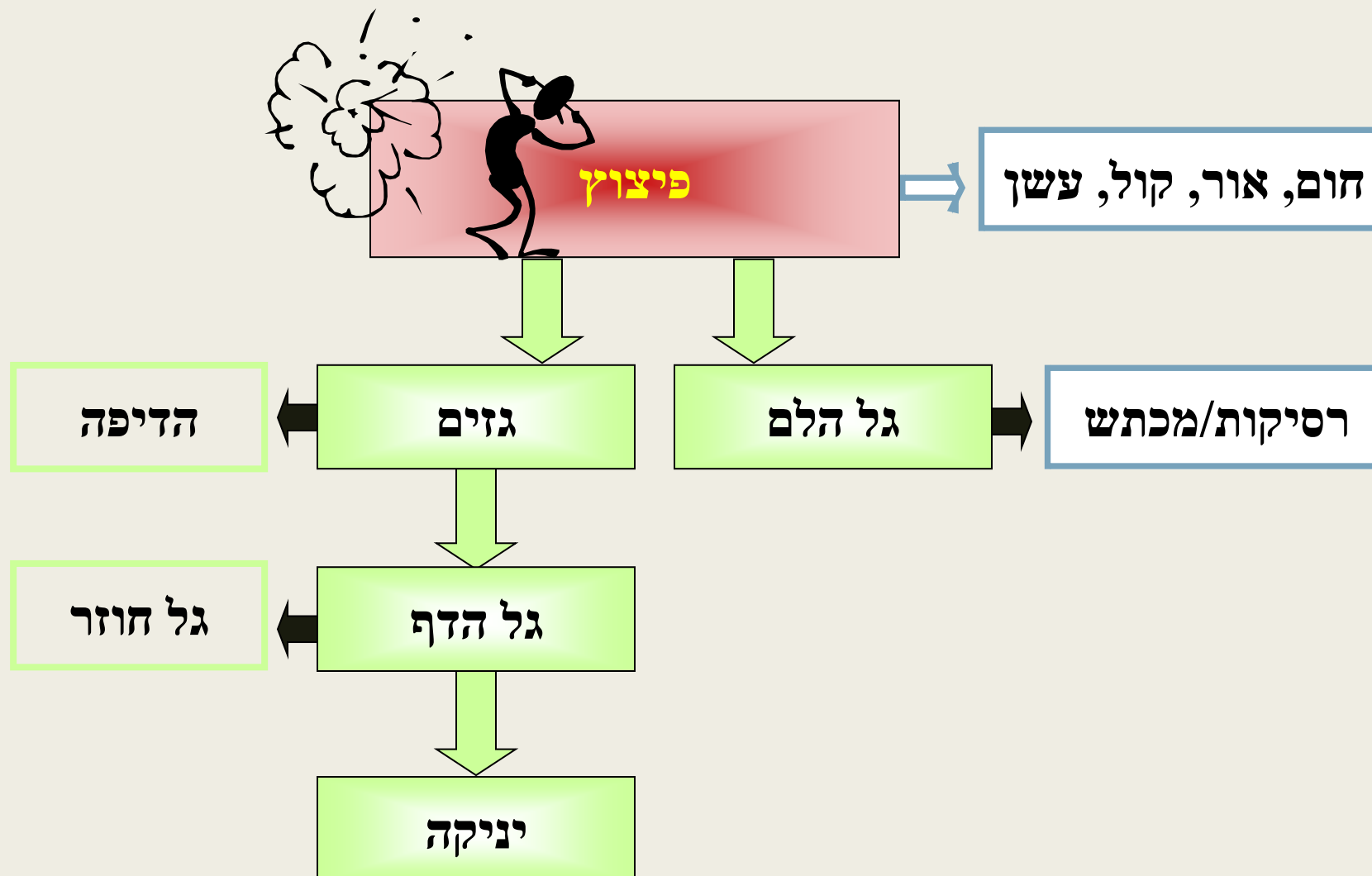
גל הדף

הגזים הדחוסים והלוהטים המופיעים יחד עם גל ההלם מתפשטים באטמוספירה ויוצרים בה גל של לחץ אויר גבוה, שהולך ומתפשט ממוקד הפיצוץ. גל ההדף מורכב מפעולת "לחץ וניקה" לסירוגין.

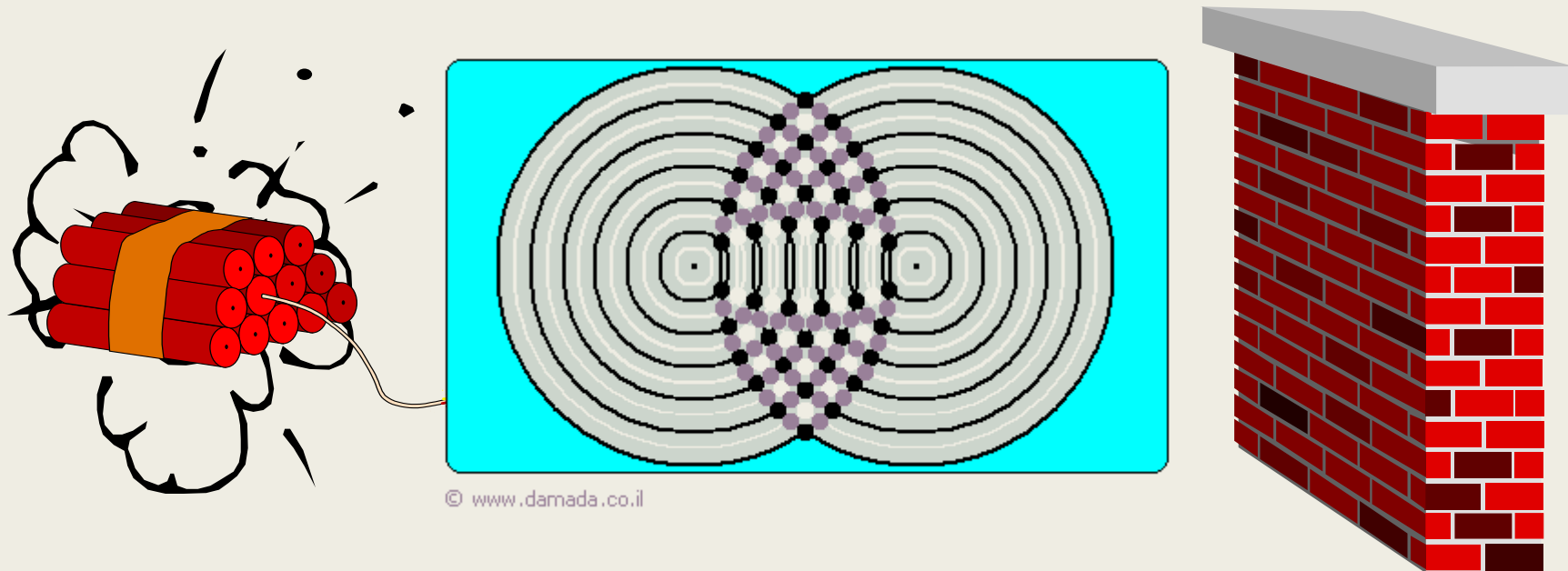
- פעולת הלחץ הינה חזקה יחסית ומשכה קצר.
- פעולת הניקה הינה חלשה יחסית ומשכה ארוך.



תרשים מסכם



גל חוזר



כאשר גל לחץ נע בתווך מסויים ובמהלך התנועה הוא פוגש תווך בעל צפיפות חומר שונה, יצור מיד גל לחץ חוזר, שהינו גל לחץ המתקדם בכיוון הנגדי חזרה לעבר המוקד. באיזור המפגש בין הגל המתקדם לגל החוזר יוצר איזור בו החומר עובר מאמצי דחיסה ומאמצי מתיחה לסירוגין.

כללים לניצול מירבי של כושר הרסיקות

- הקפדה שלא יוצר חלל אויר בין חומר הנפץ לבין המטרה.
- יש להבטיח שכיוון ההפעלה של חומר הנפץ (כיוון הניפוף) יהיה בניצב למטרה ולא במקביל אליה.



גורמים המשפיעים על מהירות "גל הניפוך"

סוג חומר נפץ	מהירות ניפוך
טן	8000 מטר /שניה
ט.נ.ט	אבקה-5000 מטר /שניה יצוק – 7000 מטר /שניה
אר. די.אקס	8230 מטר/שניה
C-4	8077 מטר/שניה
אנפו	4000 מטר/שניה
חינמית	4500-5500 מטר/שניה
אצבעות אמולסיה	6000 מטר/שניה
חנית	3500-4500 מטר/שניה
אמית	3500-4500 מטר/שניה
חן אמון	4500-5500 מטר/שניה

מהירות גל הניפוך של חומרי נפץ נעה בין 3000 ל-9000 מטר בשניה.

מהירות גל הניפוך תלוייה בעיקר:

- הרכב הכימי של חומר הנפץ ,
- צפיפות החומרים (משקל סגולי)
- המבנה הגאומטרי של חומר הנפץ.
(יחס בין נפח החנ"מ לשטח הפנים)



קוטר קריטי

**קוטרו המזערי של גליל חומר נפץ
אשר בשעת יזימתו כשהוא באויר (לא
בתוך מעטפת) תחול בו ראקציית
ניפוך לכל אורכו ללא דעיכה.**

**לכל סוג של חומר נפץ בהתאם
לתכונותיו יש קוטר מסויים המהווה
קוטר קריטי.**

מסה קריטית

**המסה המרבית של חומר
נפץ שבה אפשרית בעירה
בלא שתעבור באופן
ספונטני לניפוק.**

**נתון חשוב בעת הובלה
ואחסנה של חומרי נפץ.**

**לדוגמא : אזיד עופרת
המסה הקריטית שלו היא
מספר מילגרמים.**



פיצוץ סימפמטי

זהו פיצוץ שנוצר בין שתי ערמות של חומר נפץ המצויות במרחק מסויים האחת מהשנייה.

גלי ההלם הנוצרים מפיצוץ אחת הערימות, גורמת לפיצוץ הערימה השניה מבלי שיהא קשר פיזי ביניהן.
חשיבות ידיעתו להובלה ואחסנה של חומרי נפץ.

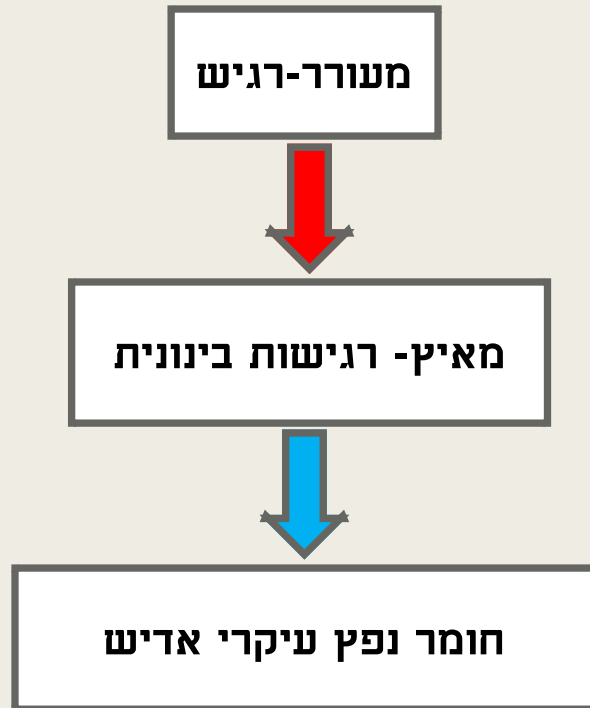


שרשרת ניפוך

שרשרת ניפוך מורכבת מחוליות שונות של חומרי נפץ בעלי רגשיות שונות במטרה להבטיח הפעלה בטוחה של חומר הנפץ העקרי.

השרשרת כוללת חומרי נפץ יוזמים (רגישים מאוד) חומרי נפץ מאיצים (בוסטרים) וחומרי נפץ עקריים.

חומרי הנפץ העקריים בנויים מחומרים אדישים על מנת למנוע תקלות ולכן יש צורך בשרשרת של חומרים להפעלה בטוחה.



רגישות של חומרי נפץ

רגישויות עיקריות:

רגישות למכה,
רגישות לחיכוך,
רגישות לקליע,
רגישות לחום,
רגישות לחשמל.

**הפעלת חומרי
נפץ קשורה קשר
ישיר לרגישותו.**



מבחנים לבדיקת רגישות של חומרי נפץ-מבחן המשקולת

- מבחן שבודק את רגישות של חומר הנפץ למכה
- הפלה של משקולת של 2 ק"ג מגבהים שונים על דגימת חומר נפץ של 0.1 גרם. הגובה המינימאלי ממנו מופעל חומר הנפץ לפחות פעם אחת מתוך 10 נסיונות הוא הגובה שנקבע כרגישות חומר הנפץ למכה.
- החלוקה היא ל-3 סוגי רגישויות:

חומרי נפץ בטוחים
נפילת משקולת מגובה מעל
50 ס"מ

חומרי נפץ בעלי רגישות בינונית
נפילת משקולת מגובה שבין
15 עד 50 ס"מ

חומרי נפץ רגישים מאוד
נפילת משקולת מגובה קטן
מ-15 ס"מ

מבחנים לבדיקת רגישות של חומרי נפץ-מבחן המטוטלת



- מבחן שבדק את רגישות של חומר הנפץ לחיכוך.
- הפלה של זרוע מטוטלת מגבהים שונים על דגימת חומר נפץ .
- בהתאם לגובה ההטלה קובעים את רמת רגישות חומר הנפץ לחיכוך.
- הפעלה מגובה נמוך רגישות גדולה וכך לגבי שאר הרגישויות.

מבחנים לבדיקת רגישות של חומרי נפץ-מבחן התנור

- מבחן שבודק את רגישות של חומר הנפץ לחום.
- הכנסה של דגימת חומר נפץ לתנור עמיד בפיצוץ.
- מעלים את החום בתנור בהדרגתיות.
- דרגת החום המינימאלית שמפעילה את חומר הנפץ נקבעת כדרגת הרגישות לחום.





מבחנים לבדיקת רגישות של חומרי נפץ-מבחן החול

- מבחן שבדק את כושר הרסיקות של חומר נפץ.
- מפוצצים דגימה של 0.4 גרם חומר נפץ בתוך מיכל מתכת המכיל חול מיוחד (בשם אוטווה) בעל גרגירים בגודל אחד במשקל של 200 גרם.
- לאחר הפיצוץ מנפים את החול במסננת ומשקל החול שרוסק והפך לאבק הוא כושר ריסוקו של חומר הנפץ

מבחנים לבדיקת רגישות של חומרי נפץ-מבחן הקליע

- מבחן שבודק את רגישות של חומר הנפץ לפגיעת קליע.
- ירי לעבר דגימת חומר נפץ בנשק מוגדר ממרחקים שונים.
- המרחק הרחוק בו הופעל חומר הנפץ נקבע כרגישות הנמוכה של חומר הנפץ לקליע.



בדיקת מהירות ניפוף של אצבע חומר נפץ - בדיקת דוטריש

$$V1 = \frac{L1 V2}{2 L2}$$

$V1$ מהירות ניפוף אצבע חומר נפץ

$2a$ אורך הפתיל הרועם

$L1$ מרחק קצוות ההפעלה של הפתיל הרועם

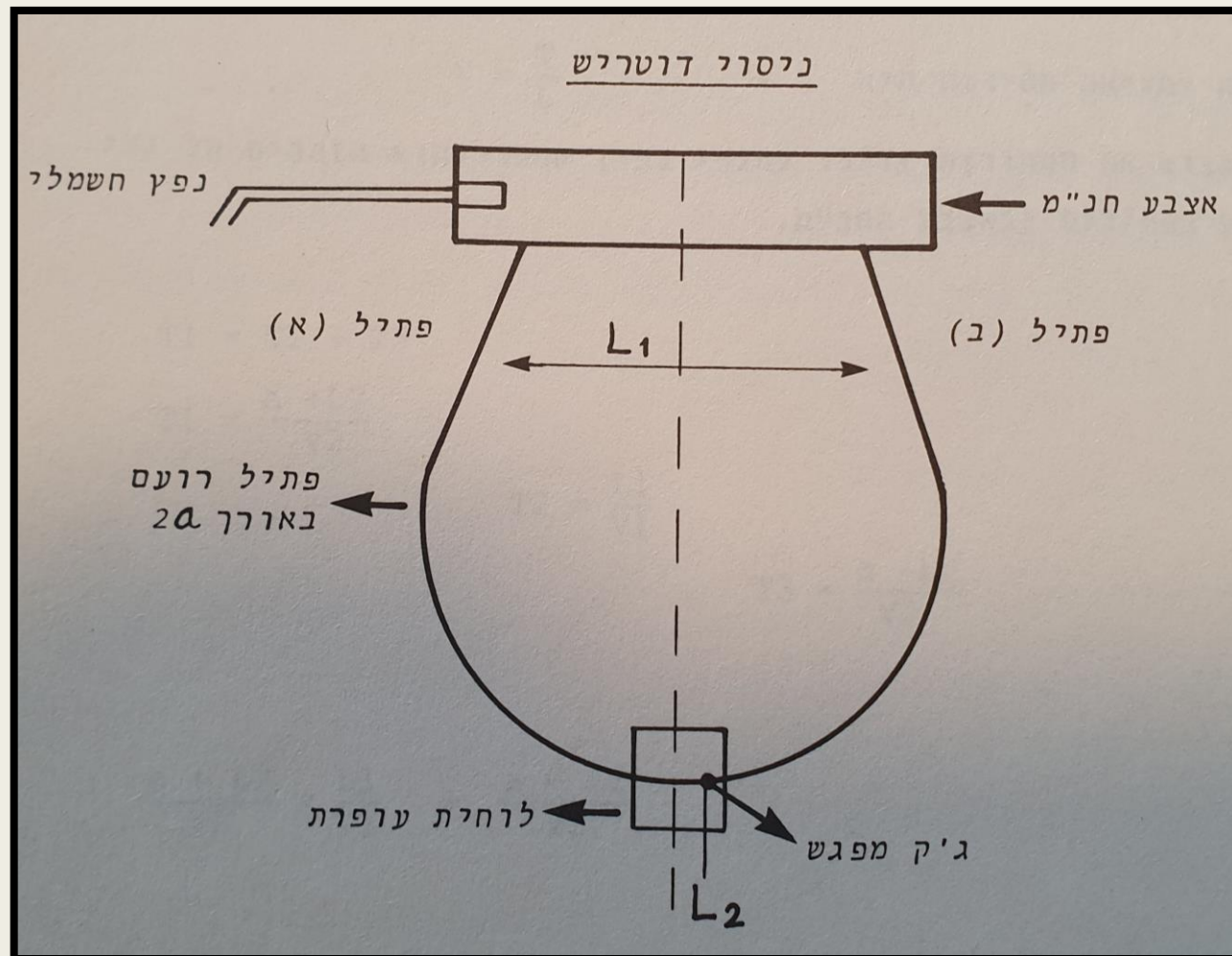
$L2$ המרחק בין הציר לשקע הפיצוץ

$V2$ מהירות ניפוף פתיל רועם

$T1$ זמן הגעת הניפוף בפתיל רועם א למפגש

$T2$ זמן גל הניפוף באצבע חומר נפץ

$T3$ זמן גל הניפוף של פתיל רועם ב'





היגרוסקופיות

תכונה של חומר לספוג אדי מים מסביבתו.
ישנם חומרי נפץ שספיחת המים פוגמת ביכולות של החומר .

האם ניתן לפוצץ חומר נפץ בחלל

בהחלט ניתן לפוצץ חומר נפץ בחלל .
חומר נפץ לא זקוק לחמצן מהאוויר ולכן הוא יכול להתפוצץ
בחלל.

כדור האש שיוצר יהיה קטן וריגעי ואילו הרסיסים במידה
וישנה מעטפת לחומר נפץ יעופו למרחקים עצומים.

חומרי הדף – אבק שריפה שחור



תכונות	נתונים
סוג הבסיס	תערובת חנקתית
הרכב החומר	75% חנקת אשלגן 15% גופרית 10% פחם
גוון	אפור/שחור
צורת הופעה	גרגרים בגדלים שונים
מהירות בעירה	משתנה בהתאם לתערובת וללחץ המופעל עליה.
רגישות להפעלה	רשף/ להבה
יציבות	חומר היגרוסקופי
מסיסות	מים
שימוש	פתילי השהיה, זיקוקין, חיצוב אבן.

תכונות של חומרי נפץ

רסיקות (ברזנטיות)

רסיקות הינה תכונה אופיינית של חומרי נפץ דבר המתבטא

בכושרו לרסק את הסובב אותו ולרסק אותו.

חזית הניפוף גורמת לזעזוע עצום המועבר ישירות לאובייקט

הנמצא במגע עם חומר הנפץ. כתוצאה מכך, באובייקט מוצק

יתבצע ניתוק חלקיו וריסוקם, תוך כדי העפתם לפנים במהירות.

ככל שמהירות "גל הניפוף" גדולה יותר וחומר הנפץ צמוד

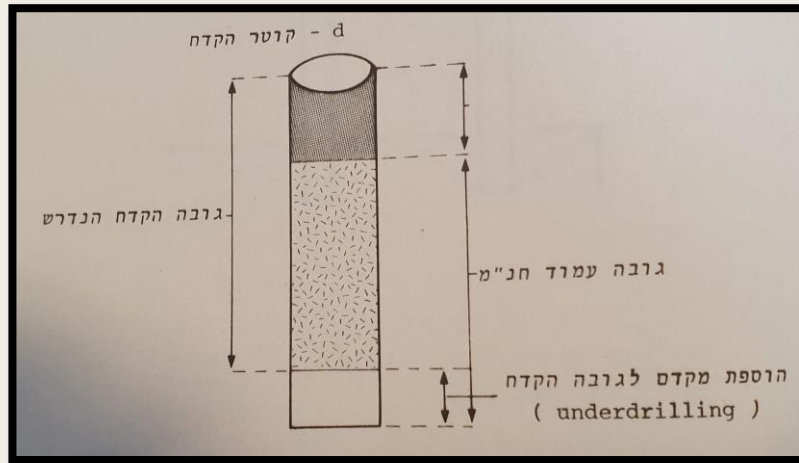
לאובייקט כך גדל כושר הריסוק וההיפך.



צפיפות טעינה

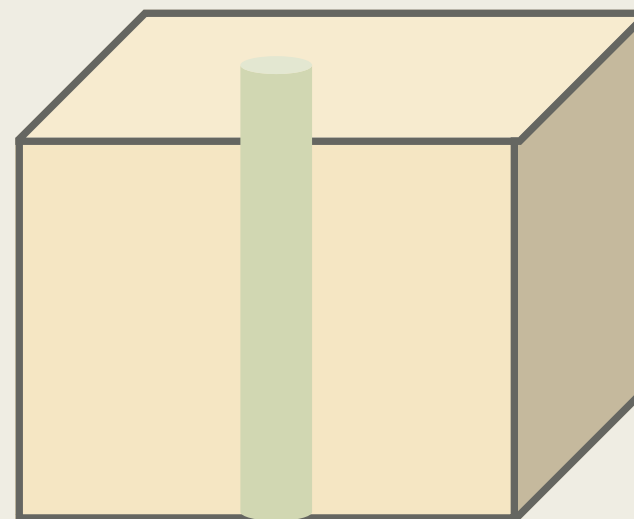
■ היחס בין משקל חומר הנפץ
לנפח חור קידוח.

■ כאשר מהדקים את חומר הנפץ
הצפיפות שלו משתנה.



פריזמה

נפח הסלע שיכול להזיז קרח אחד ממולא חומר נפץ.



פנים חופשיות – צד הקיר הגלוי



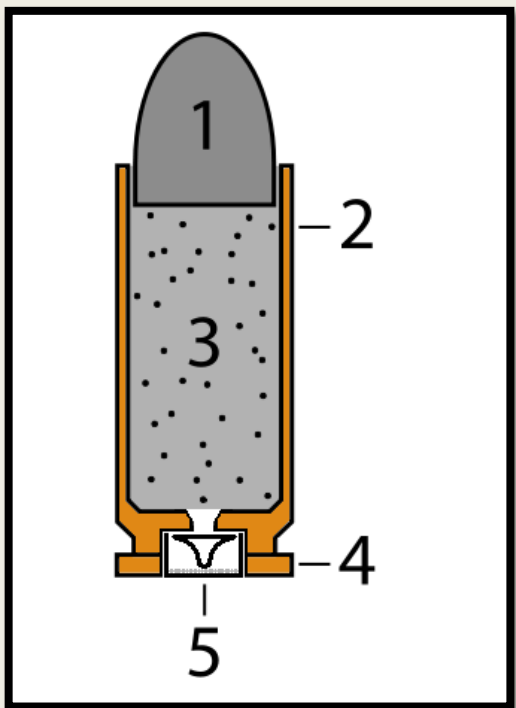
ניטרו גלצירין-



תכונות	נתונים
גוון	לבן, צהוב, חום בהיר
צורת הופעה	נוזל
מהירות ניפוך	7700 מ/ש
רגישות להפעלה	נפץ
יציבות	חלשה
מסיסות	אציטון
שימוש	מרכיב בחומרי הדף



חומרי נפץ יוזמים- כספית רועמת



תכונות	נתונים
גוון	לבן עד אפור או צהבהב/חום
צורת הופעה	אבקה גבישית
מהירות ניפוך	5029 מטר/שניה
רגישות להפעלה	חום, מכה, חיכוך, חשמל סטטי
יציבות	טובה
מסיסות	אתר, כוהל
שימוש	מילוי פיקות ונפצים

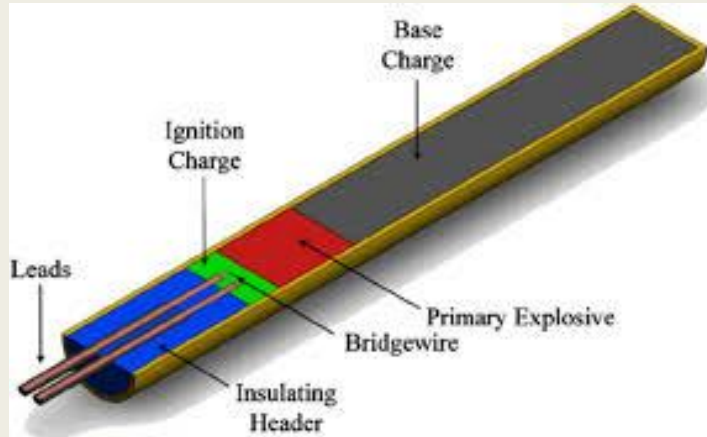
חומרי נפץ יוזמים- אזיד עופרת



תכונות	נתונים
גוון	לבן עד אדום
צורת הופעה	אבקה גבישית
מהירות ניפוך	5000 מטר/שניה
רגישות להפעלה	חום, מכה, חיכוך, חשמל סטטי
יציבות	טובה
מסיסות	אציטון
שימוש	מילוי פיקות ונפצים



חומרי נפץ יוזמים- סטיפנת העופרת



תכונות	נתונים
גוון	צהבהב/צהוב חזק
צורת הופעה	אבקה גבישית
מהירות ניפוך	4900 מטר/שניה
רגישות להפעלה	חום, מכה, חיכוך, חשמל סטטי
יציבות	טובה
מסיסות	אתר, כוהל
שימוש	מילוי פיקות וכתוספת לאזיד העופרת בנפצים.

"אנפו"-אמצעי פיצוץ

- ה"אנפו" הינו החומר המקובל ביותר בעולם לצורכי פיצוץ בהנדסה אזרחית.
- "אנפו" הוא כינוי כללי לקבוצת חומרי נפץ המשמשים לפיצוצים בעבודות חיצוב ואשר כל אחד מרכיביה אינם מוגדרים כחומר נפץ. (לכן הכינוי שלו אמצעי לפיצוץ ולא חומר נפץ)

מאפיינים	נתונים
הרכב החומר	אמוניום ניטראט וחומרים יוצרי רגישות כגון: סולר, פחם, נסורת, גופרית (תוספת של גבישי/אבקות מגנזיום, אלומיניום תגדיל את הרגישות שלו להפעלה)
צורת הגבישים	גבישים (פרילים) בצבע לבן- הפריל נוצר על ידי קירור טיפות מלח מותכות הנופלות בנפילה חופשית בתוך מגדל.
מינון	מאזן החמצן האידיאלי מתקבל ביחס מחמצן/מחזור 6% סולר 94% אמוניום ניטראט. שינוי בהרכב התערובת על ידי העלאה/הורדת היחסים בין שני החומרים תשנה באופן קיצוני את תכונות החומר.
היגרוסקופיות	עקב הימצאות אמוניום ניטראט בתערובת נחשב ה"אנפו" כחומר מאוד היגרוסקופי
ברזנטיות	נמוכה ביחס לחומרים צבאיים- לשימוש אזרחי הדבר מהווה מעלה
קוטר קריטי	בסביבות 2-3 צול
רגישות להפעלה	מצריך מאיץ להפעלה (PRIMER)
מסיסות	מסיס במים ובמסיסים אורגניים כגון פטרול, אתר ואציטון.

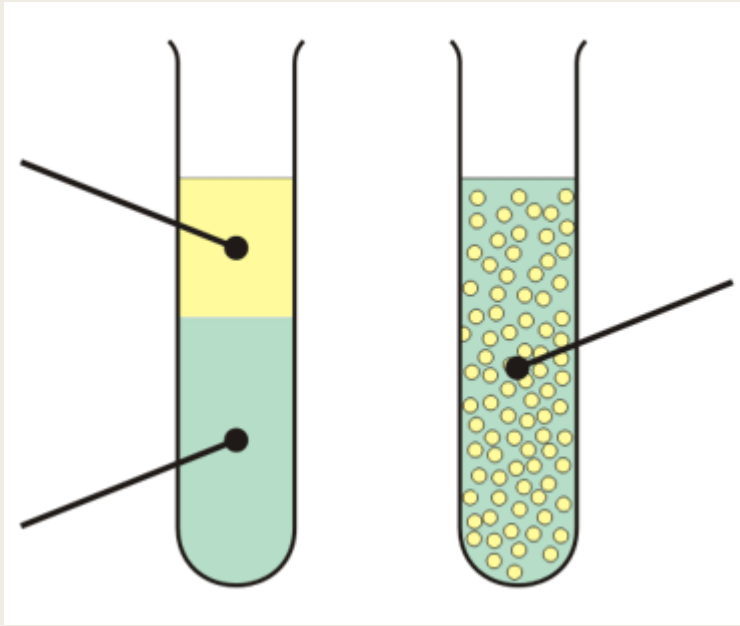
■ טיב ועוצמת הפיצוץ תלויים ב:

- ✓ המבנה הפיסי של האמוניום ניטראט כגון: טיב, גודל גבישים, צורה, קושי, נקבוביות והיגרוסקופיות.
- ✓ מינון מדויק של מרכיבי התערובת.
- ✓ ערבוב אשר יבטיח מגע אחיד והדוק בין מרכיבי התערובת (הוספת צבע)
- ✓ קוטר חור הקידוח.
- ✓ שיעור הכליאה של המטען (לצורה ולטיב סתימת המטען בתוך חור קידוח ישנה משמעות גדולה למניעת בריחת אנרגייה אל-על)
- ✓ צפיפות החומר.
- ✓ העדר רטיבות.
- ✓ עוצמה ומיקום של הפרימר או הבוסטר. (קוטרו של הפריימר/בוסטר הוא בעל חשיבות גדולה מאשר אורכו- על הפרימר/בוסטר להיות מותאמים לקוטר הקידוח)

הקוטר המינמאלי להפעלה בעבודות חציבה הוא 3 צול וזאת כדי להבטיח הפעלה בטוחה של חומר הנפץ.

קוטר חור הקידוח 'בצול'	מהירות דמונציה מטר/שניה	צפיפות טעינה ק"ג/מטר
1.5	2135-2745	0.9-1
2	2590-3020	1.5-1.9
3	3050-3290	3.7-4.5
4	3350-3600	6.5-7.7
5	3500-3810	10.3-12.2
6	3800-3900	14.7-17.4

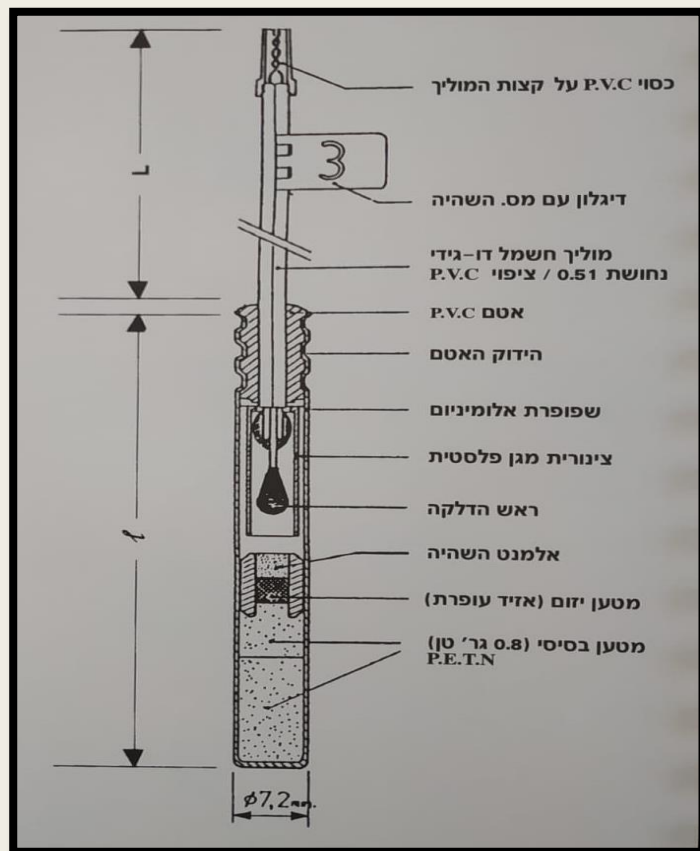
אמולסיה



- תחליב, מלועזית: אֶמוּלְסִיָּה, הוא קולואיד של נוזל בנוזל שאינם מתערבבים או ממסים זה בזה, למשל מים ושמן.
- תחליבים מתאפשרים הודות להמצאות חומר מתחלב, המאפשר להם ערבוב ללא היפרדות. מיונו הוא דוגמה לתחליב, שבו מים ושמן מעורבבים בחלמון ביצה, המהווה חומר מתחלב.



נפץ השהייה חשמלי



מרכיב	פירוט
תיאור חיצוני	דומה במבנה לנפץ חשמלי, יותר ארוך.
תכולה	בין חומר הנפץ המעורר לבין ראש הגפרור החשמלי ישנו אלמנט השהיה.
הפעלה	הפעלה על ידי זרם חשמלי שמפעיל את החומר המעורר ולאחריו את העיקרי.
שימוש	כלל עבודות החיצוב, תשתית וכד' הקטנת זעזועים, יצירת פנים חופשיות ועוד'
סוגי השהיות	השהיות קצרות של אלפיות השניה והשהיות ארוכות יותר

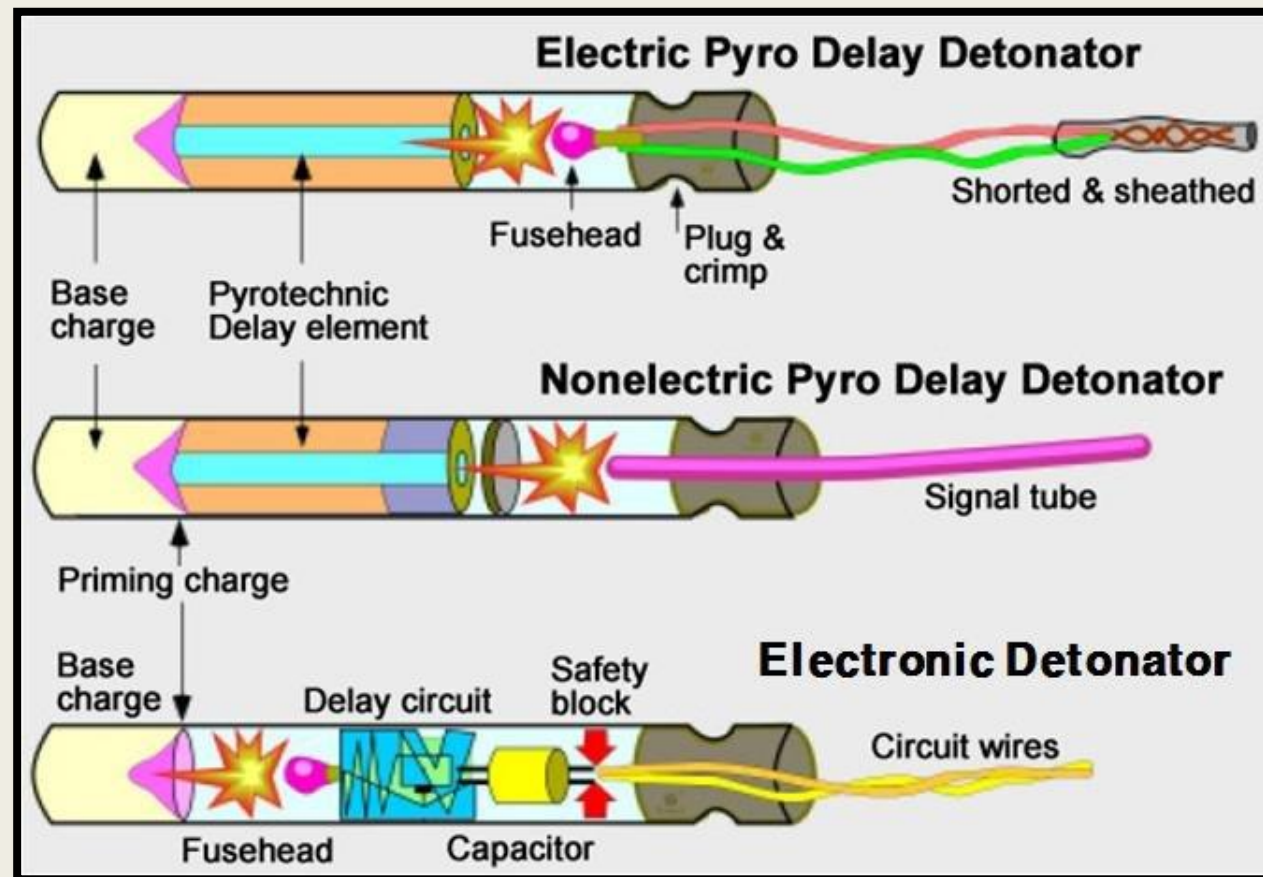
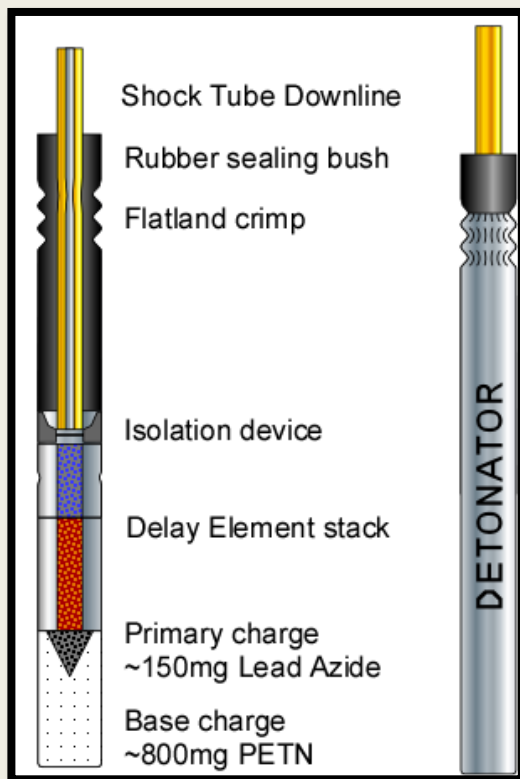
יתרונות השימוש עם נפצי השהייה

- ריסוק טוב יותר של הסלע.
- הקטנת "הרגליים" שבקירות החיצוב.
- הקטנת הזעזועים בקרקע-דיוק ההשהיה מאפשר גמישות בתכנון הפיצוץ ושליטה על רמת הזעזוע.
- הקטנה והכוונת זריקת החומר וביקורת עליה.
- פחות סדקים בראש הקיר.
- חסכון בחומר נפץ.

מערכת הפעלה ויזימה אל חשמלית – NONL-GT



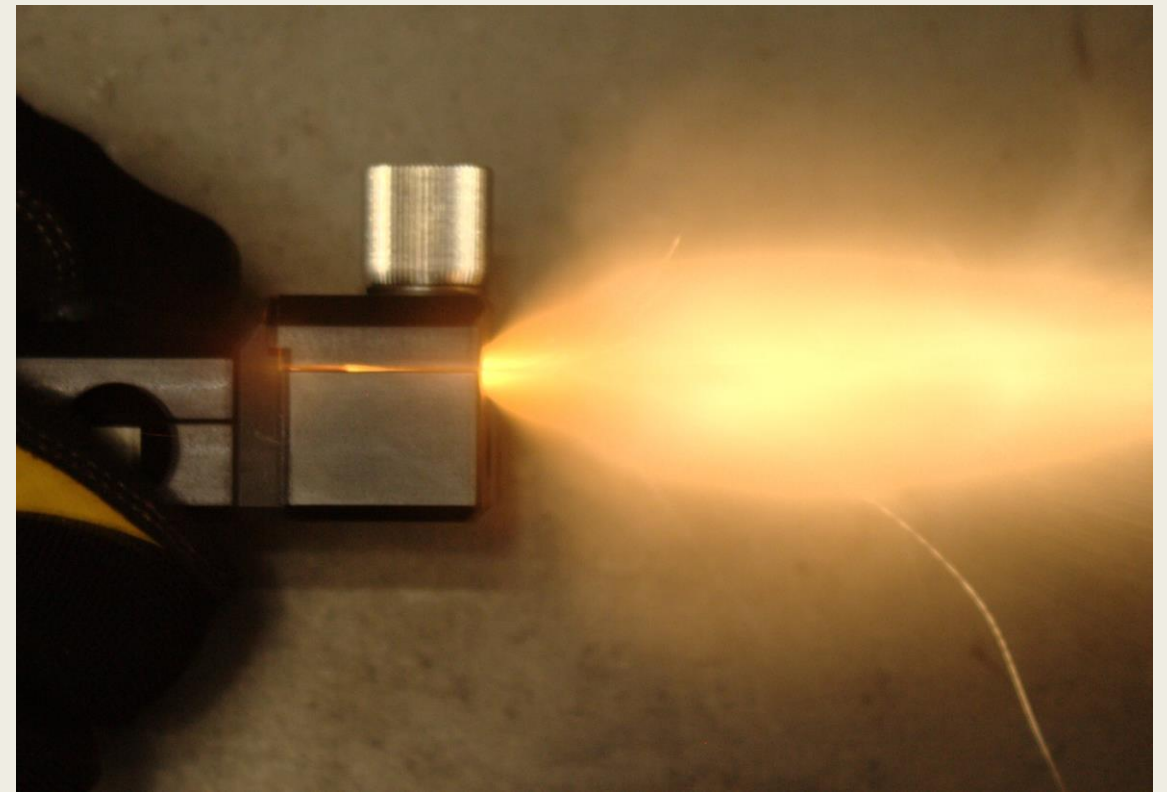
- נפצי השהייה לא חשמליים (נונאלים) דו כיווניים הם נפצים שיוזמים את חומר הנפץ וגם יוצרים השהייה בין נפץ לנפץ.
- כל יחידה מורכבת משני נפצים אחד בכל קצה אשר מחוברים בניהם בצינור פי.וי.סי המלא בחומר נפץ כאשר על הנפץ העליון ישנו קליפס לחיבור מהיר של עד 6 פתילים.
- שימוש באיזורים בעלי סיכון לחשמל סטטי.
- מאפשר כמות השהייות גבוהה לניצול טוב יותר של חומר הנפץ ומניעת זעזועי קרקע.

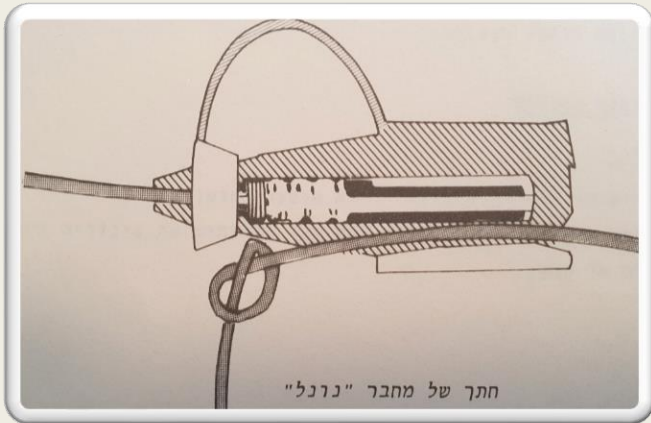


מבנה נפץ נונאל

מבנה הצינורית

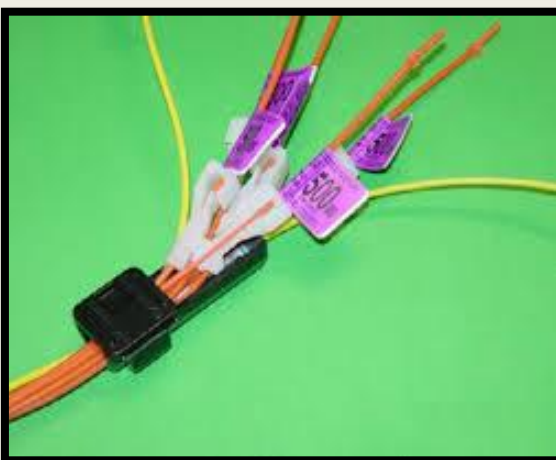
- הצינורית עשויה מחומר פלסטי ומצופה מבפנים בתערובת נפוצה.
- סוג חומר המילוי בתוך הצינורית – 2.02 גרם למטר של H.M.X + R.D.X + אלומיניום
- ייזום הצינורית גורם למעבר גל ניפוך בתוך הצינורית עד הגיעו לנפץ/מחבר.
- הניפוך בתוך הצינורית נשמר לכל אורכה ללא השפעה מחוץ לצינורית.
- מהירות הניפוך כ-2000 מטר לשניה.
- הצינורית גמישה מאוד ועמידה בפני : מכה, זעזוע, שפשוף, מתיחה, מים.





מבנה המחבר

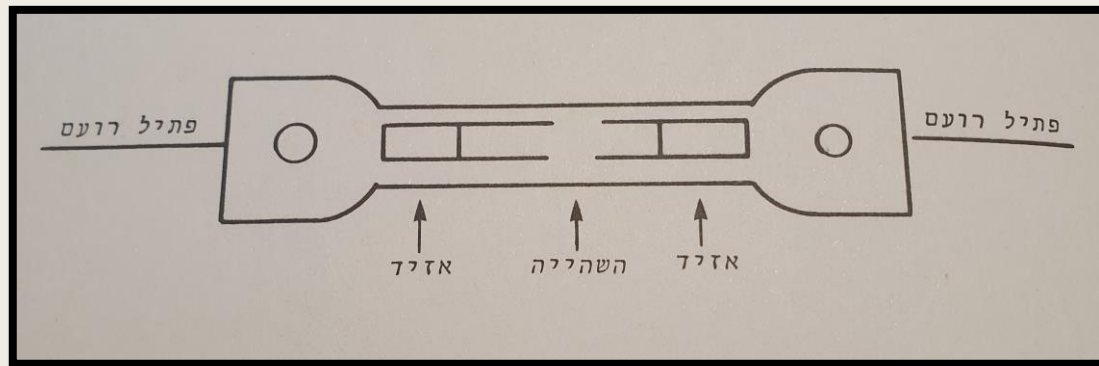
- המחבר מגיע כיחידה אחת המורכבת מכוסית פלסטיק בעלת פתחים לקליטת צינוריות 'נונל' ובתוכה נמצא נפץ זעיר. (בעל חוזק פיצוץ של $1/3$ מנפץ רגיל)
- ניתן לחבר לכל מחבר בין 6 ל-8 צינוריות. (תלוי בסוג המחבר)
- לכל צבע מחבר ישנה השהייה מוגדרת.



סוגי מחברים

אלמנט השהייה לפתיל רועם

- נפץ השהייה לפתיל רועם עשוי שפורפרת אלומיניום סגורה משתי הקצוות.
- בשתי קצוות השפורפרת ישנו חומר מעורר ובתווך ביניהם אלמנט השהייה.
- הנפץ נמצא בתוך מעטפת מפלסטיק המאפשר חיבור פתיל רועם לכל קצה.
- משמש לעבודות בהם ישנו חשש לחשמל סטטי.(מונח על פני הקרקע)
- מופיע בצבעים שונים על פי סוג השהייה.



מאזן חמצן אפס

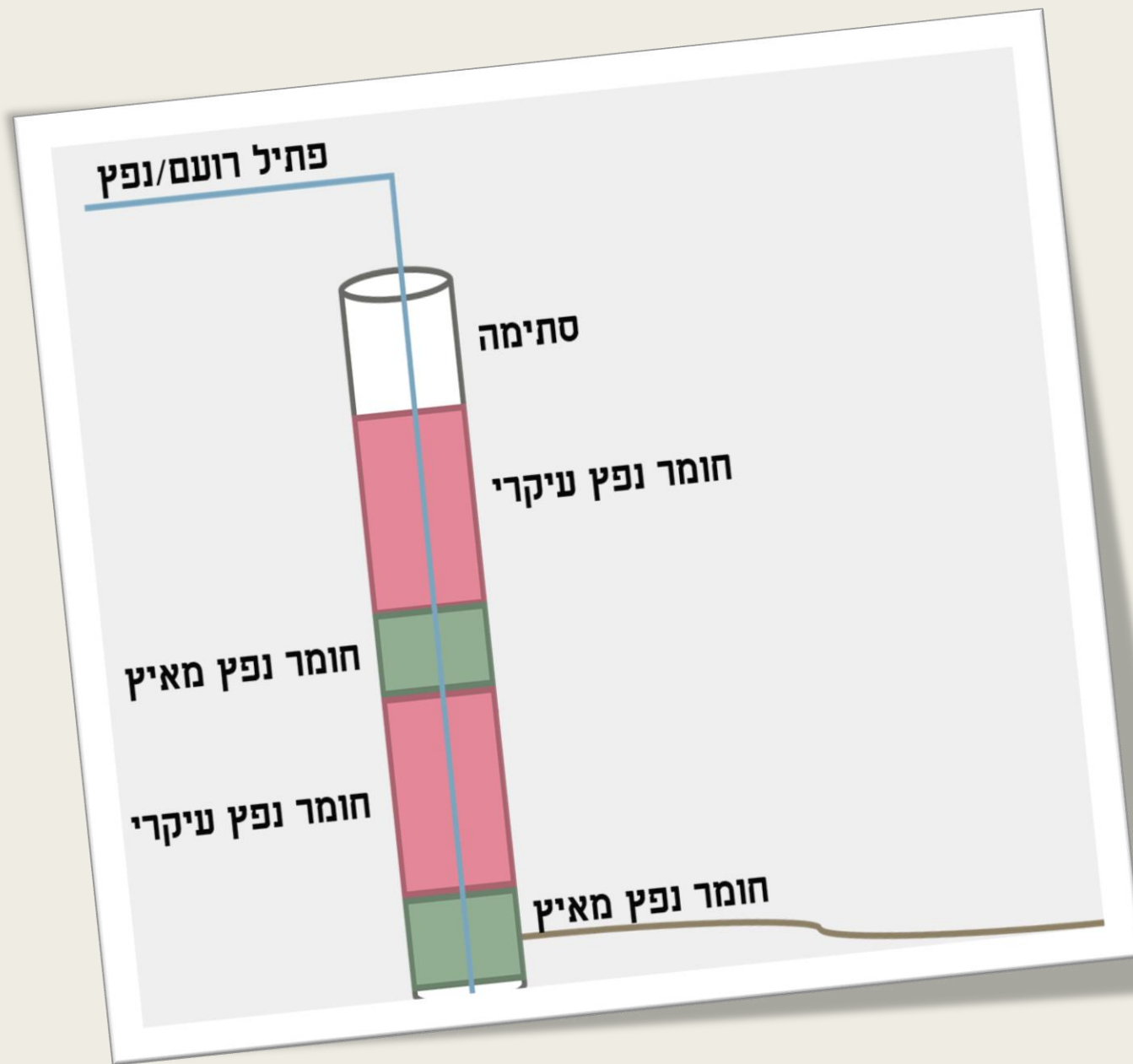
- מאזן חמצן - הוא ביטוי המשמש לציון המידה בה ניתן לחמצן חומר נפץ. אם מולקולת חומר הנפץ מכילה מספיק חמצן כדי ליצור תחמוצות שונות ללא עודף, נאמר כי המולקולה היא בעלת **אפס איזון חמצן** ניתן לראות זאת בהרכב של חומר נפץ מסוג אנפו שמאזן חמצן 0 שלו הוא ביחסים 94% אמוניום ניטראט ו-6% סולר.
- במאזן חמצן אפס חומר הנפץ מפיק את מירב תכונותיו האפקטיביות.
- מאזן חמצן חיובי- אם המולוקולה מכילה יותר חמצן ממה שצריך לתהליך.
- מאזן חמצן שלילי – אם המולקולה מכילה פחות חמצן ממה שצריך לתהליך.
- בשני המצבים התוצאות שיתקבלו בהפעלת חומרי נפץ יהיו פחותות מאשר במצב בו המאזן הוא אפס.

טעינת קדח

א. מוודאים שהקדח נקי לכל אורכו .

ב. מחברים נפץ השהייה חשמלי/נונל לתוך אצבע חומר נפץ מאיץ ומורידים אותו עד לתחתית הקדח.
ג. מילוי חומר נפץ בתפזורת

עד הגובה הנדרש
ד. מילוי סתימה מחול דק ללא אבן והידוקה.





טעינה בסיפונים

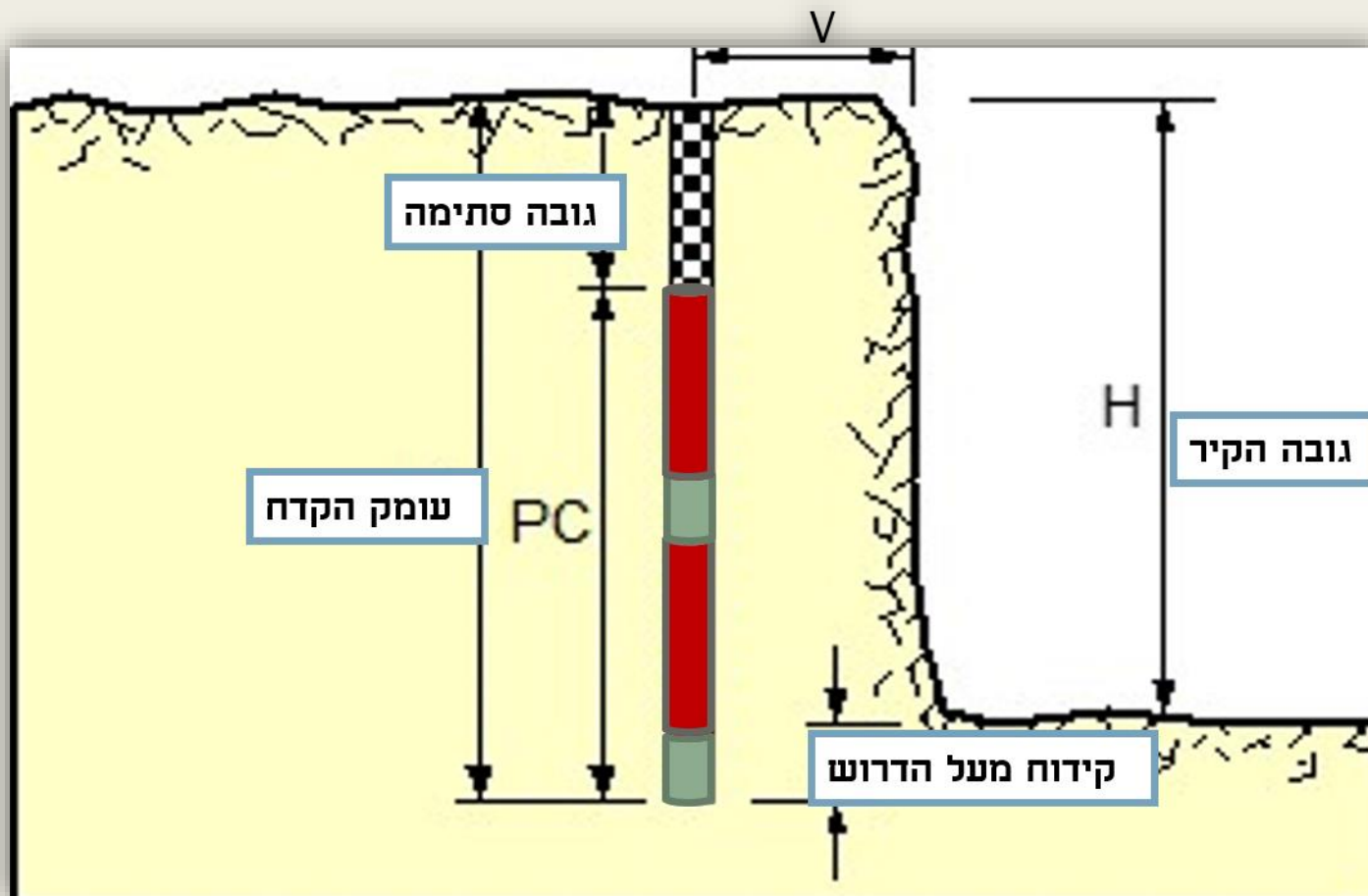
ישנם מצבים בהם מתגלים מערות בקדח, דבר העשוי לגרום לבריחה של חומר נפץ לאותם מערות.

כדי להתגבר על כך טוענים את הקדח בשיטה של סיפונים .

בחלק שבו אין מערה מורידים נפץ עם אצבע מאיץ לתחתית הקדח ולאחריו שופכים חומר נפץ עד לאיזור בו התגלתה המערה.

באיזור המערה שופכים חול עד להגעה לגובה בו המערה כבר לא קיימת ושוב חוזרים על התהליך בדומה לטעינה הראשונה.

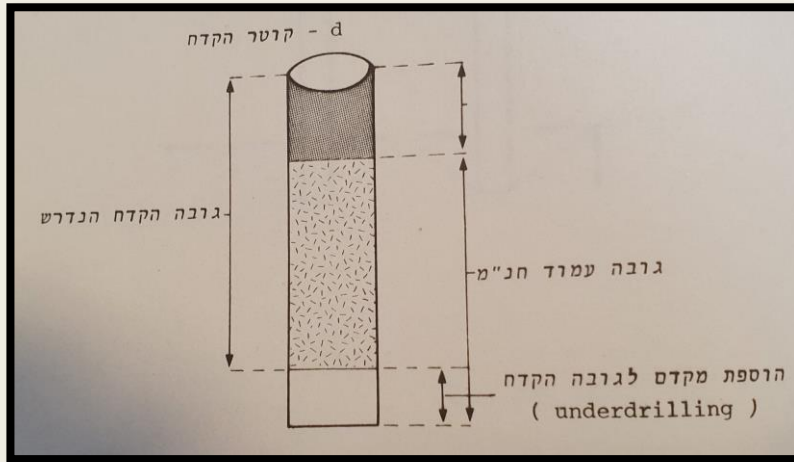
סתימה וחשיבותה



הסתימה בקדח נועדה ליצור לחץ על חומר הנפץ במטרה שהפיצוץ יתפזר לאורך הקיר ולא יעוף כמו פגז תותח מתוך קנה הקדח.

כמו כן סתימה טובה נועדה למנוע העפה של אבנים כלפי מעלה.

צפיפות חומרי נפץ



■ צפיפות (מסה סגולית) היא מסה של החומר ליחידת נפח .

■ לכל חומר צפיפות אופיינית לו והיא נמדדת ביחידות גרם/סמ"ק.

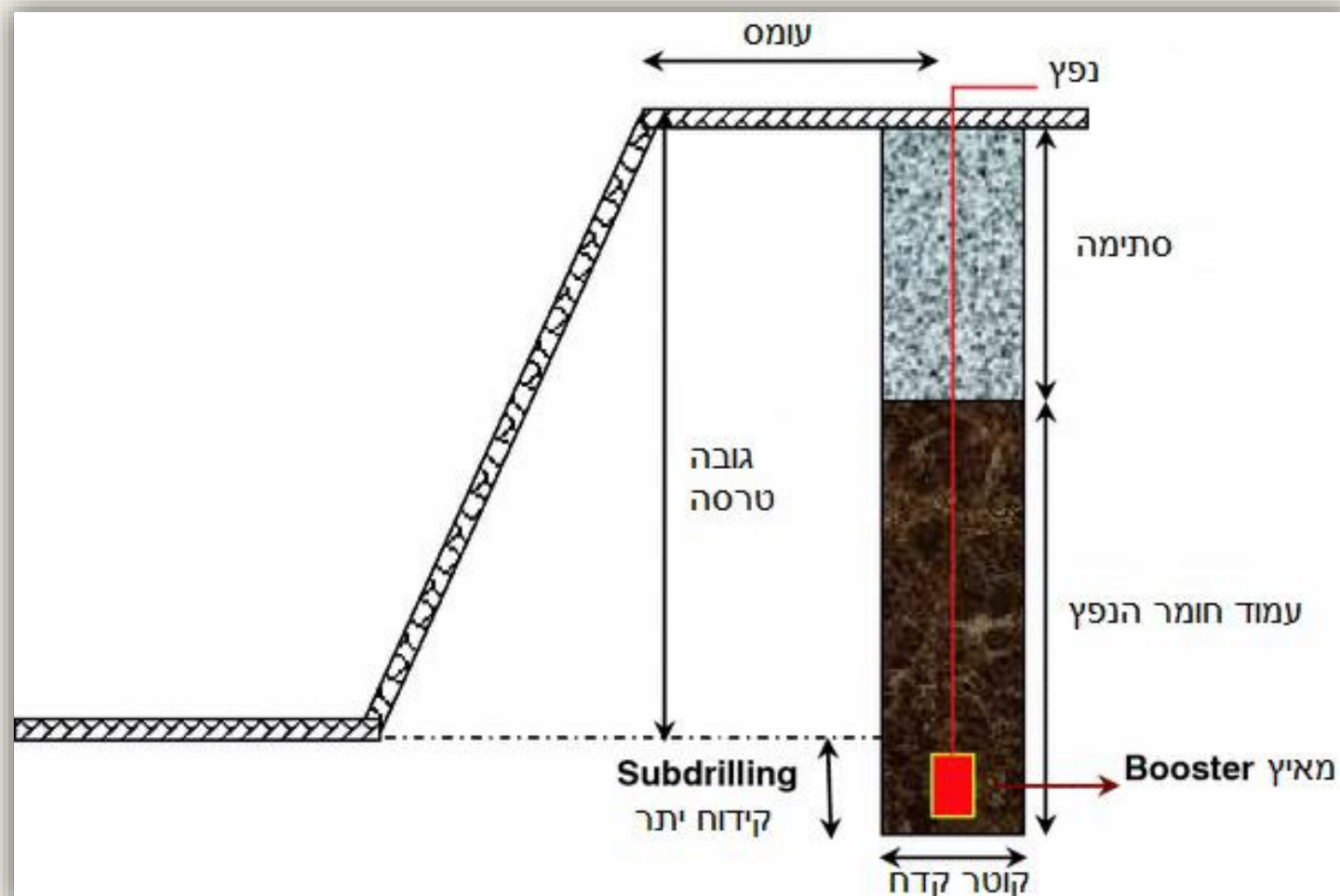
■ הצפיפות של חומרי נפץ נעה בין חומרים שצפיפותם 0.8 גרם/סמ"ק לחומרים שצפיפותם מגיעה עד 1.9 גרם/סמ"ק.

■ הצפיפות מאפשרת ידיעה לגבי כמות חומר נתון ליחידת נפח.

טבלת נתוני הצפיפות של חומרים שונים (g/cm^3)

חומר	צפיפות	חומר	צפיפות
אוויר	0.00129	זהב	19.3
מים	1	כסף	10.5
רקמות גוף האדם	1.036	פלטינה	21.4
דם	1.050	נחושת	8.9
כוהל	0.8	דבש	1.35
קרח	0.9	יהלום	3.5
גז חנקן	0.00125	בטון	2.5
נוזל חנקן	0.85	נייר	0.7-1.2
מוצק חנקן	1.026	זכוכית	2.5

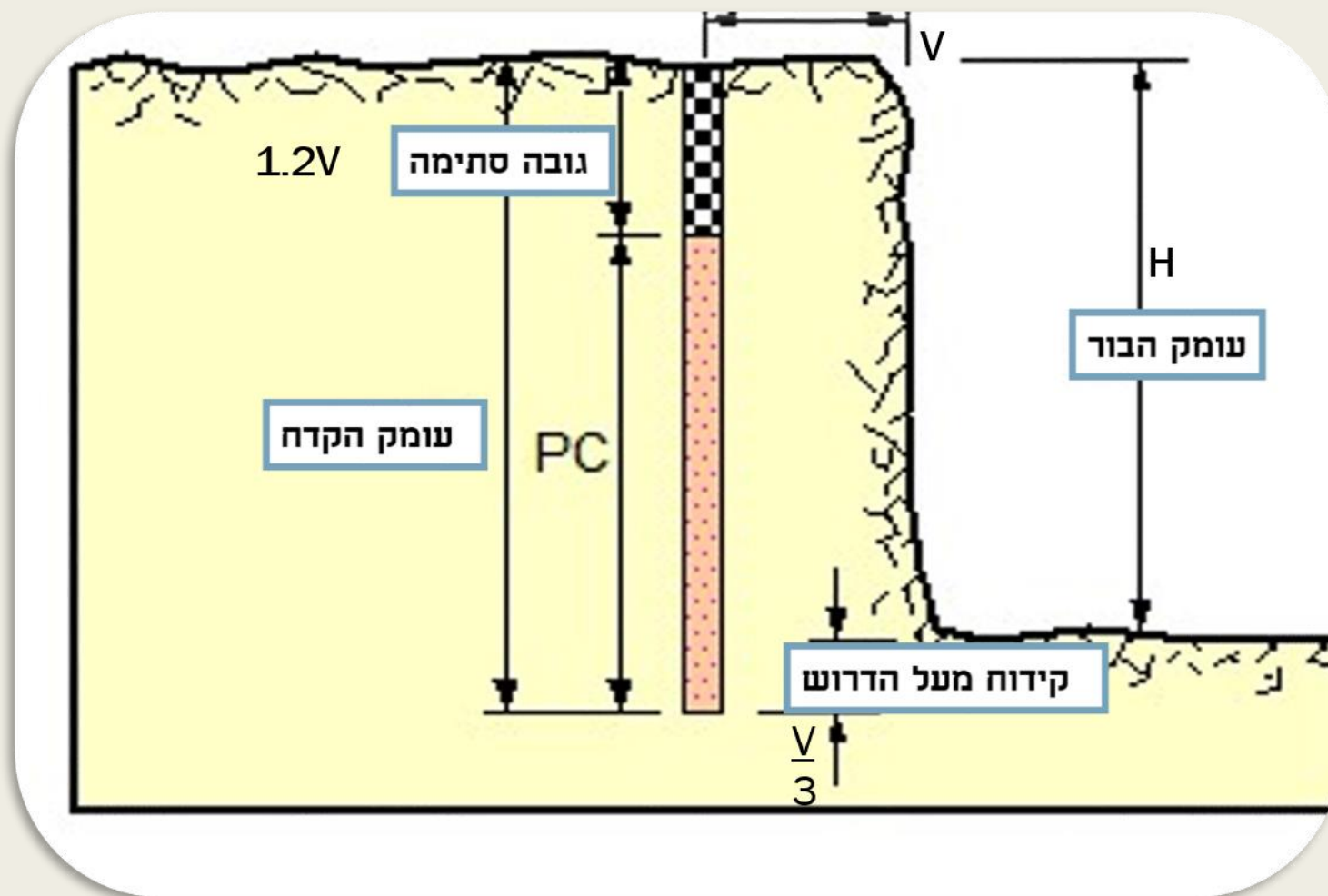
קידוח מעל הדרוש



קידוח מעל הדרוש הוא החלק שנקדח בתחתית הקדח מתחת לגובה הקיר אותו רוצים לחצוב.

המטרה המרכזית של קידוח זה היא למנוע השארות של רגליים ברצפת הקיר דבר שיצריך טיפול נפרד והפסד משאבים.

מאפיינים לעבודה באיזור מאוכלס



- שימוש בקדחים בעלי קוטר קטן עקב הגבלת השימוש בכמויות של חומר נפץ.
- שימוש בחומרי נפץ בעלי רגישות להפעלה על ידי נפץ/פתיל רועם (חנמקס, אצבעות אמולסייה) שימוש בנפצי השחייה.
- ביצוע כיסויים של איזור הפיצוץ למניעת זריקת אבנים.
- מרחק בין קדחים ובין שורות שווה.
- סתימה בקדח גדולה יותר בין 10%-30% למרחק בין קדח לקדח.
- קידוח מעל הדרוש – שליש מהעומס V .

זריקת אבנים

שימוש בנפצי השהייה.

כיסוי של פני השטח אם
באמצעות של ערימות חול ,
יריעות גומי, צמיגים של
כלי רכב וכד'.



מידע לאיסוף בעבודה באיזור מאוכלס

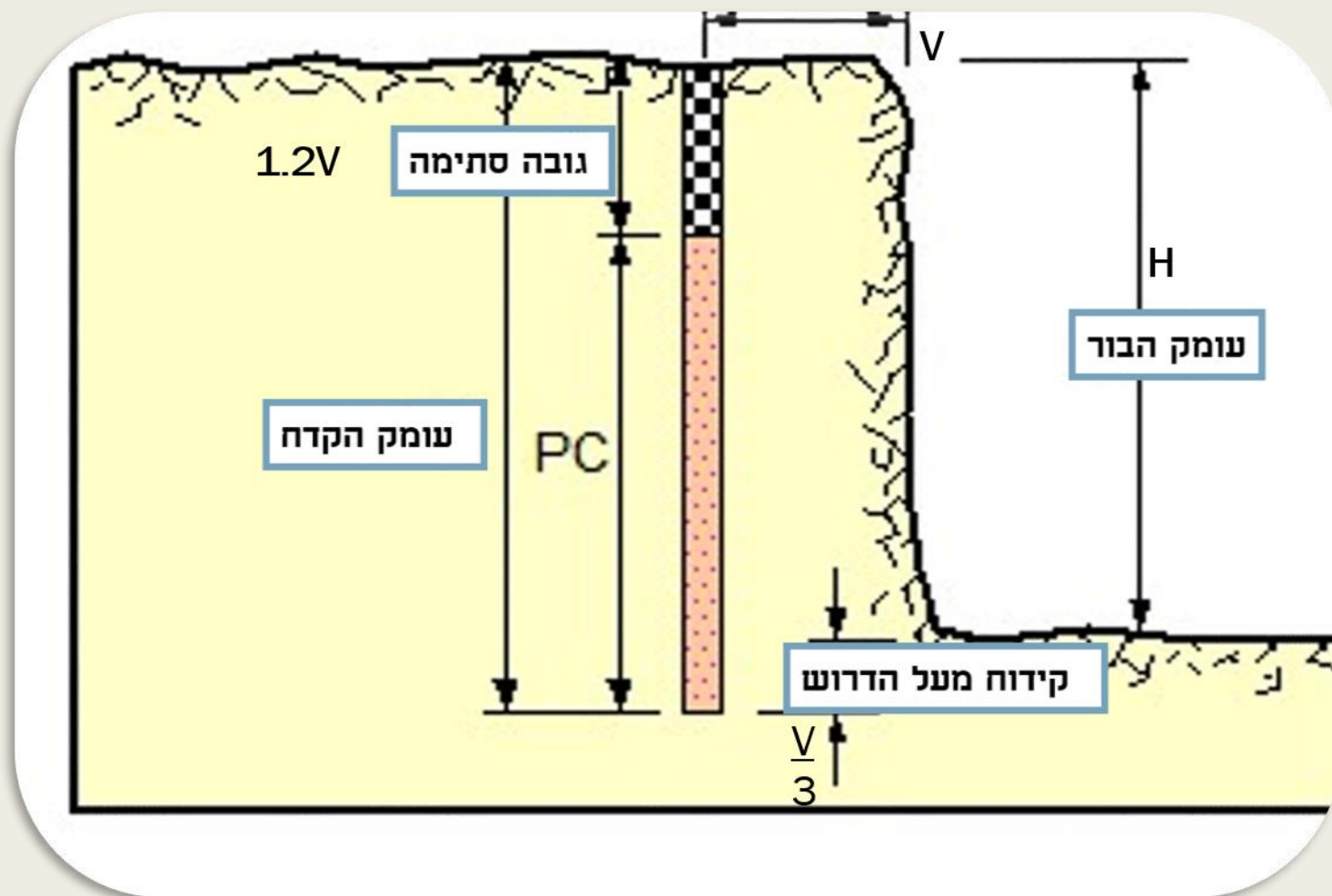
- סוג התווך ורמת הזעזועים המאפיינת אותו.
- סוג האובייקט שיש להגן עליו והמרחק בינו למקום הפיצוץ.
- נתונים של איזור העבודה (אורך/רוחב/עומק)
- קוטר המקדח.
- סוג חומר הנפץ והאביזרים הנילוים לעבודה.
- כמות חומר נפץ מותרת להפעלה בבת אחת.
- מספר קדחים שיש לקדוח.
- מרווח בין קדחים /שורות.
- עומק הקדח לעבודה.
- כמות חומר נפץ לקדח.
- גובה הסתימה בקדח.



קדח אנכי

משמשים בעיקר בעבודות חציבה במחצבות כאשר ישנו קיר גלוי ובבורות גדולים הנחצבים באיזור מאוכלס.

הרציונאל הוא שהקדח המתפוצץ יכול להתגבר על הקיר הגלוי בצורה קלה יחסית.

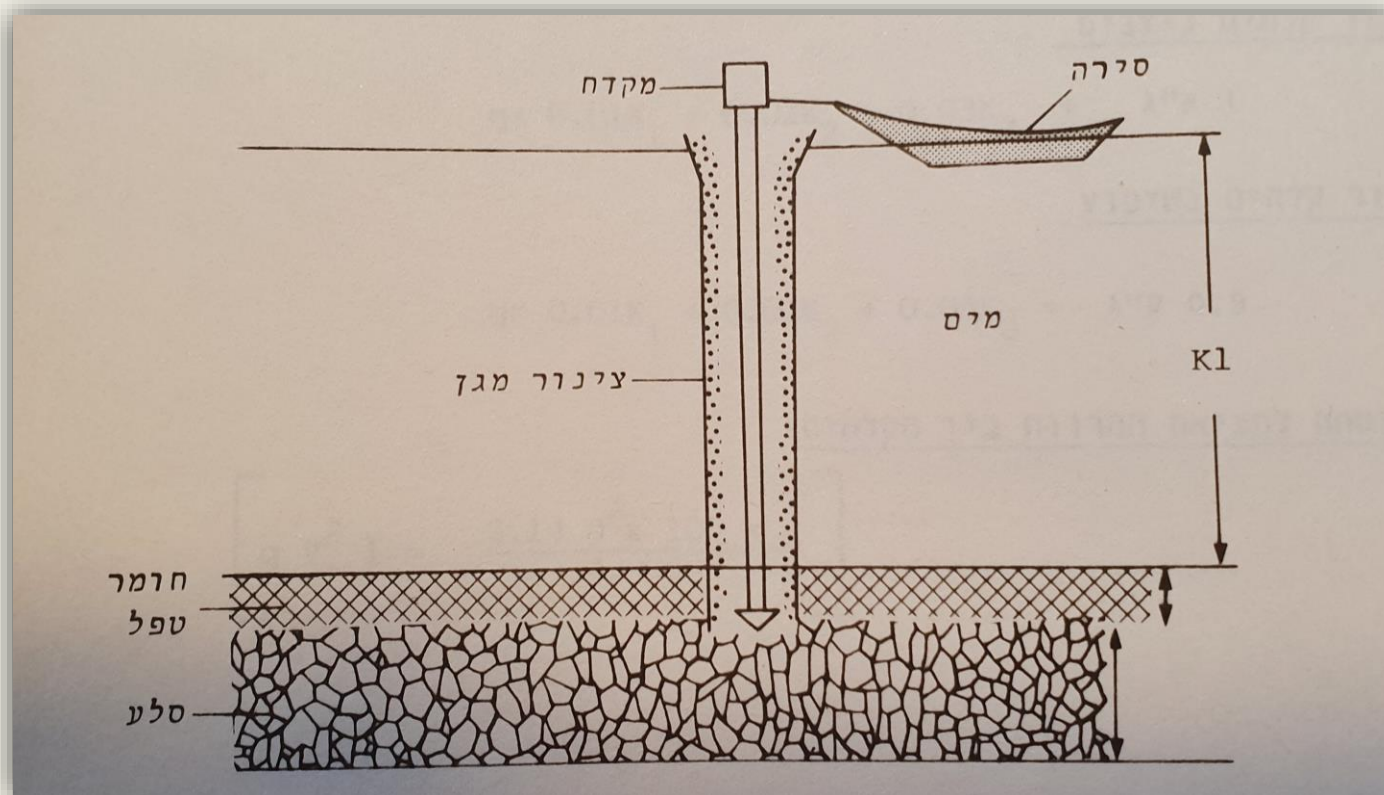


קדח בשיפוע

קדחים בשיפוע משמשים בעיקר
בחפירה של תעלות צרות על מנת
לאפשר לחומר לעלות כלפי מעלה.



שיטות קידוח תת מימי



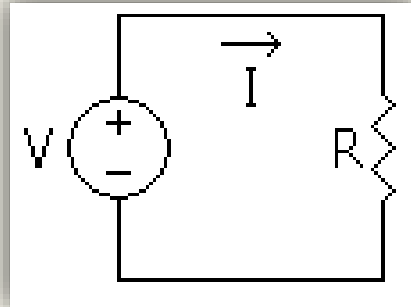
חוק אום

כדי לקיים מעגל חשמלי דרושים הגורמים הבאים:

✓ מקור מתח.

✓ מעגל סגור.

✓ צרכן.



אום קישר בין שלושת הגורמים: זרם, מתח, התנגדות בנוסחה וקבע.

$$I = \frac{V}{R}$$

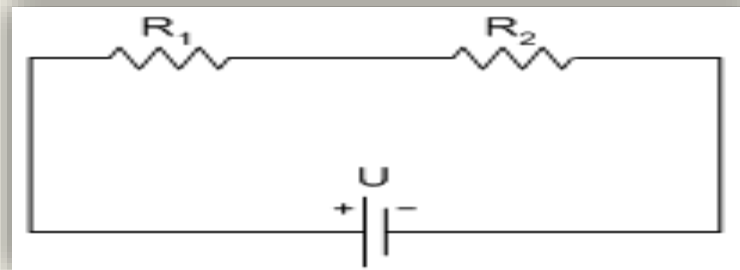
i – עוצמת הזרם באמפרים (A)

V – הפרש הפוטנציאלים בין שתי נקודות בוולטים (V)

R - התנגדות המעגל למעבר זרם באומים Ω

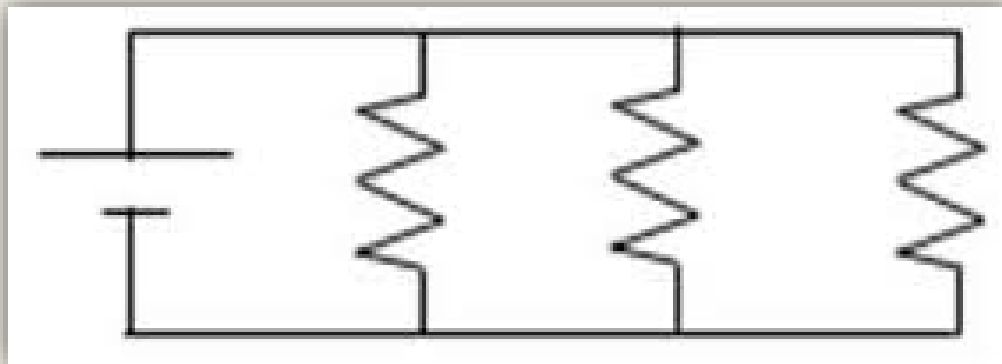
עקרונות להפעלת מעגל טורי של נפצים

- מספר הנפצים המחוברים בטור מוגבלים עד למאה נפצים יחד.
- במעגל טורי הזרם שווה על כל נפץ ונפץ וערכו 1.5 אמפר (A).
- ההתנגדות השקולה של טור אחד שווה להתנגדות נפץ כפול מספר הנפצים בטור.
- ההתנגדות הכללית של המעגל שווה לסכום ההתנגדויות הבודדות של הנפצים ושל המוליכים החשמליים.

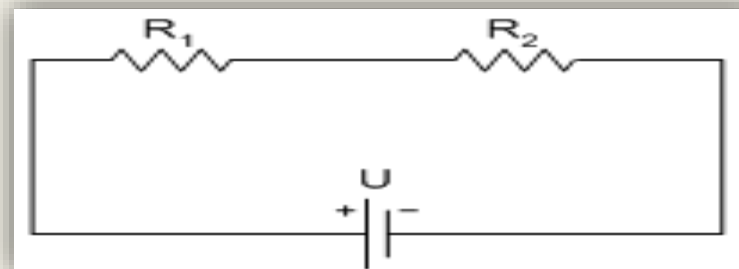


עקרונות להפעלת מעגל מקבילי של נפצים

- התנגדות הנפצים במעגל שווה להתנגדות נפץ אחד לחלק למספר נפצים.
- במעגל מקבילי הזרם המנימאלי הנדרש לכל נפץ עומד על 0.6 אמפר (A)
- כל נפץ מקבל את מתח המקור.
- ההתנגדות השקולה של המעגל שווה לסכום ההתנגדות של הנפצים ושלו המוליכים החשמליים. (מוליכי העזר)

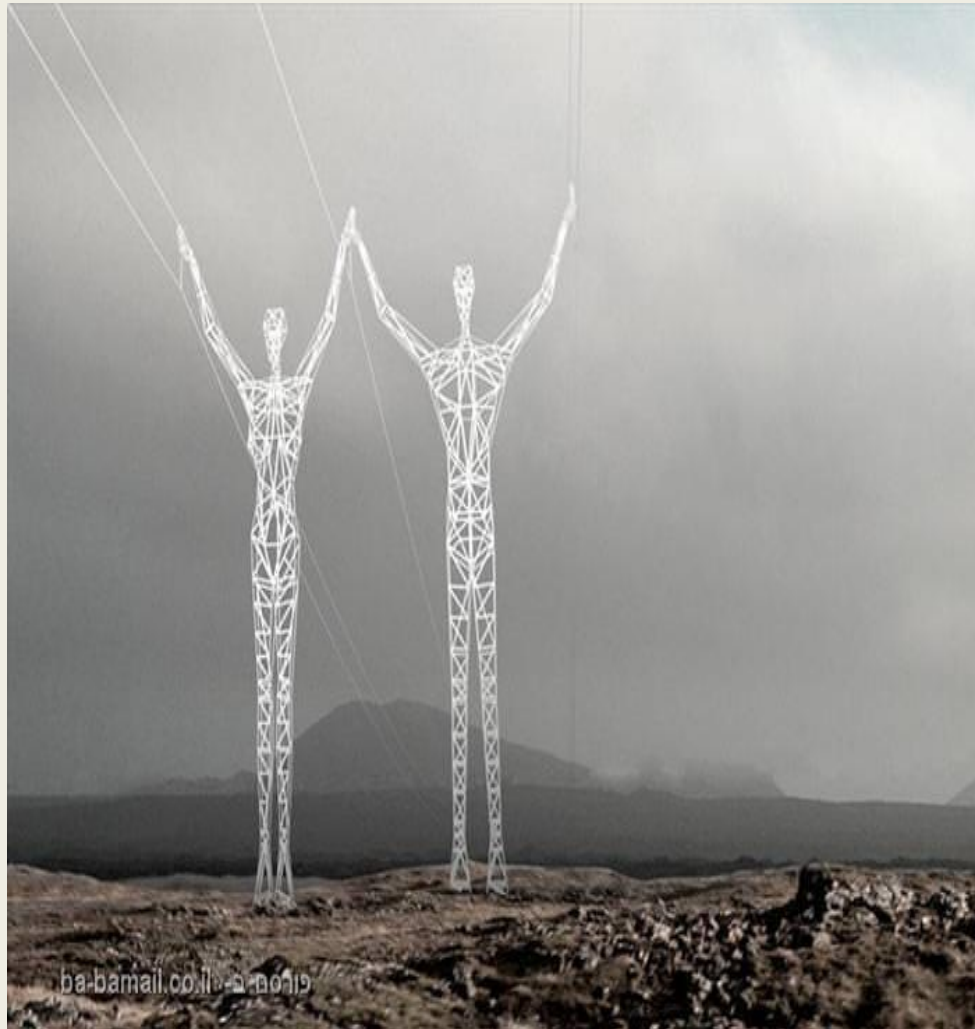


יתרונות וחסרונות חיבור טורי



יתרונות	מגבלות
מצריך עוצמת זרם נמוכה יחסית.	קלקול בנפץ אחד גורם לשיתוק המעגל כולו.
כל מרכיב במעגל מקבל אותו זרם.	נתק במקום אחד במערכת גורם לשיתוק המעגל כולו.
חיבורי המעגל ואפשרויות הבדיקה קלים.	

סיכונים בפיצוץ עם מערכות חשמליות



הסיכונים בפיצוץ חשמלי הם מחדירה של זרמים אקראיים העשויים להפעיל את המעגל החשמלי באופן לא מבוקר.

בין הזרמים האקראיים ניתן למנות :

א. ברק – מייצר זרם של 20,000 אמפר.

ב. חשמלי סטטי – נוצר מסופות וסערות

ומחלקים נעים של מכונות.

ג. מתקני שידור- מגלי הרדיו הנוצרים על ידי

מתקני השידור.

ד. זרמים טועים – זרמים שפורצים

מטרנספורמטורים , גנרטורים, מצברים

, מכשירים חשמליים .

אמצעי עזר להפעלה ובדיקה של מערכות חשמליות

אמצעי עזר לבדיקת מערכות

א. אום מטר- מכשיר שנועד לבדוק את התנגדות המעגל. (המכשיר מאפשר לבדוק כל נפץ חשמלי בנפרד וכן מוליכי המעגל)

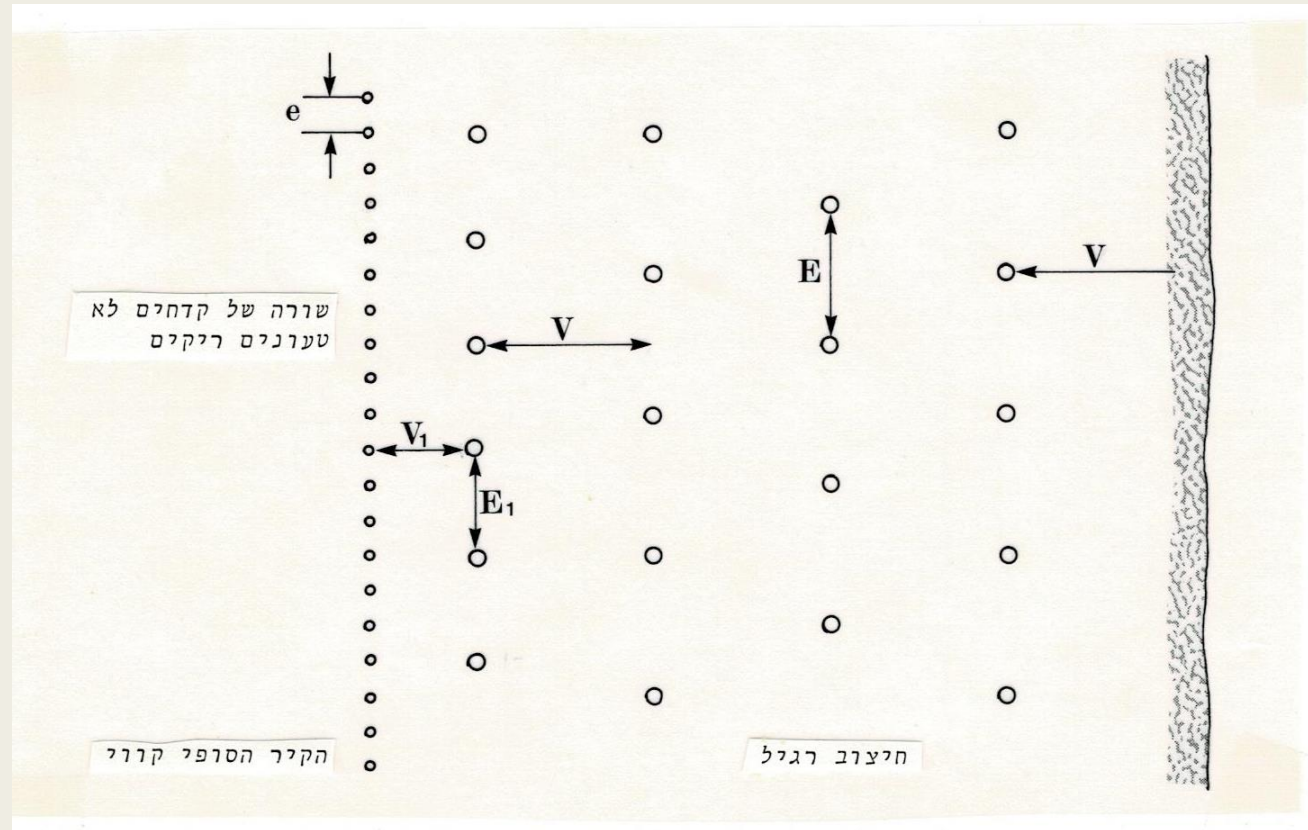
ב. ראוסטט – מכשיר שנועד לבדוק את תקינות מכשיר הפיצוץ.

אמצעים להפעלת מעגל חשמלי

מכשירים מחוללי זרם כדוגמאת מכשיר הבטהובן (יצירת זרם על ידי דינמו המוגבר על ידי טרנספומטור אשר טוען קבל)

מכשירי סוללות – מכשיר הבנוי על סוללות שטוענות את הקבל.

פיצוץ קווי

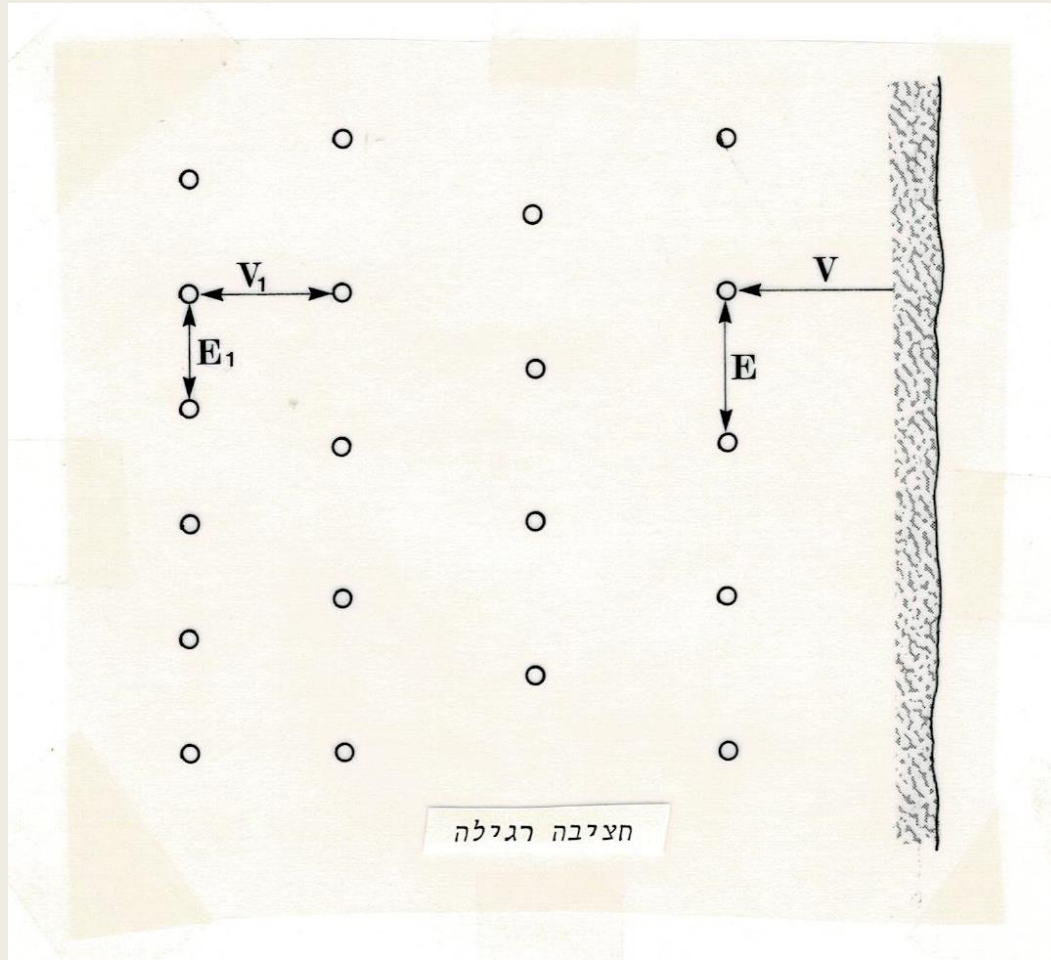


שיטה שנועדה לבקרה והקטנת שבר יתר בסלע.
בשיטה זו קודחים שורה של קדחים בקטרים קטנים בצפיפות, ללא טעינה של חומר נפץ אחרי שורת הקדחים הרגילה.

פיצוץ חלק

שיטה המקובלת במנהרות
ובפיצוץ עילי כשרוצים
שהקיר האחרון יהיה חלק
ככל היותר.

בשיטה זו טוענים את
הקדחים בשורה האחרונה
של הפיצוץ עם כמות קטנה
של חומר נפץ בקוטר קטן
מקוטר הקדח.

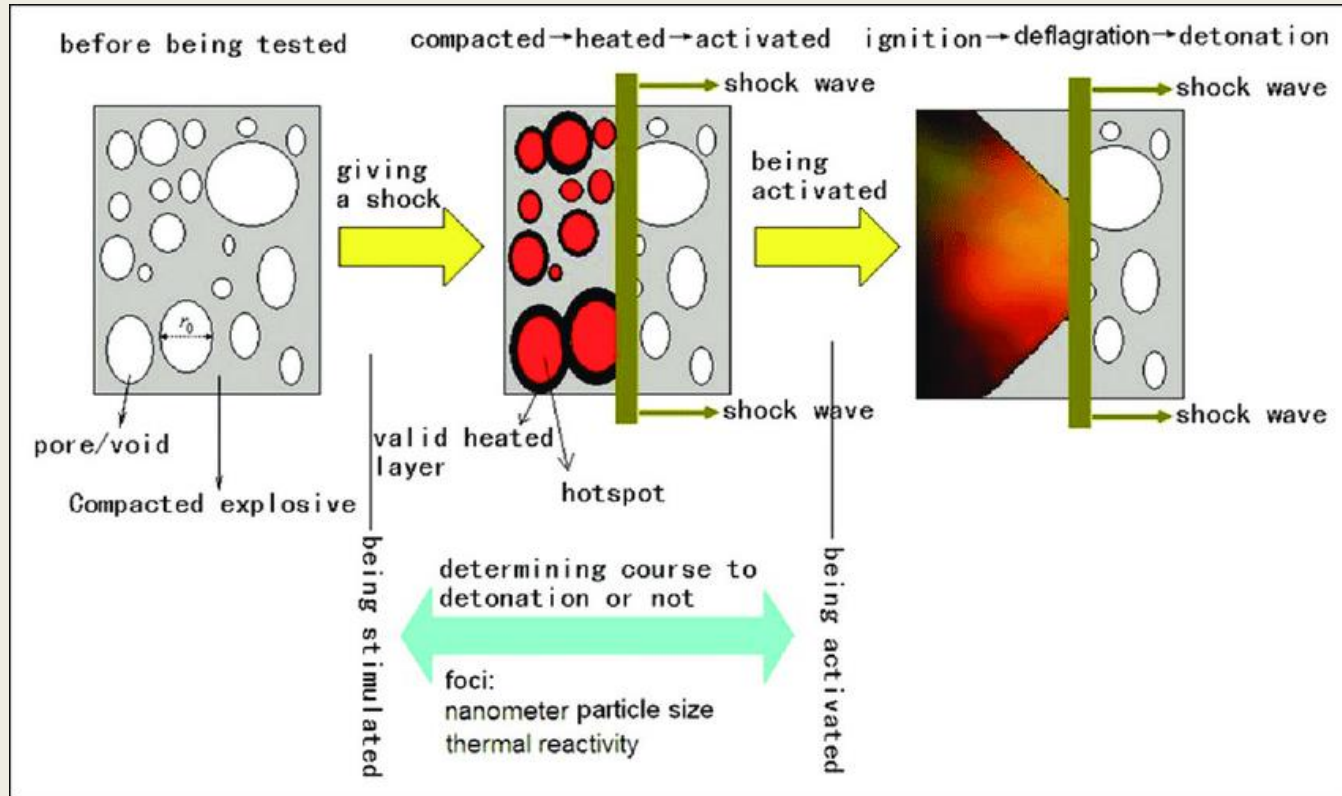


סידוק מראש

בשיטה זו משתמשים כאשר רוצים לתחום את איזור החציבה על מנת להקטין את זעזועי הקרקע לאובייקטים שונים שנמצאים בקרבת העבודה.

בשיטה זו קודחים קדחים מסביב לאיזור שרוצים להגן עליו ומפעילים את כל הקדחים יחד עד שנוצר סדק שתוחם את האיזור.

HOT SPOT



הזעזוע החזק שנגרם לחנ"מ
כתוצאה מהלם מכני גורם גורם
ליצירת הרבה נקודות חמות
(hot spot)
המהוות מוקדים מהם מתחילה
בעירה של החנ"מ.
בגלל שנקודות אלו מצויות בתוך
החומר פנימה ולא על פני השטח,
מתפתחים באיזורים פנימיים אלו
לחצי גזים גדולים, שמביאים
את החומר מהר מאוד לדטונציה.